

# Métodos de ensayos no destructivos aplicados en la inspección de rotores de generadores eléctricos en centrales de generación de la CFE.

Abraham Torres Gómez

Francisco Omar Pérez Váldez

Ricardo Chávez Munguía

Oficina de Ensayos No destructivos

CFE-LAPEM

Irapuato, Gto. México.

abraham.torres@cfe.mx

**Resumen**— el objetivo es conocer el estado físico de los diferentes componentes que conforman a un rotor de generador eléctrico, en la Oficina de ensayos no destructivos del LAPEM, se aplican un conjunto de pruebas no destructivas; esto con el fin de conocer la condición actual de los componentes y así obtener un diagnóstico más asertivo y con esto emitir las recomendaciones pertinentes.

**Palabras Clave**— *Indicación, evaluación no destructiva, indicación lineal, inspección, método.*

## I. INTRODUCCIÓN

En la aplicación de cualquier método de ensayo no destructivo, es necesario que la pieza o componente a ser evaluado se encuentre completamente limpio y para lo cual se recomienda el uso de algún producto químico, medio mecánico, sand-blast, haciendo caso a las recomendaciones propias del fabricante.

Las pruebas realizadas en la oficina de ensayos no destructivos, tienen como referencia los procedimientos internos, normas y códigos aplicables en cada prueba.

La inspección visual es el método no destructivo más utilizado en todas las industrias de fabricación de materiales. Se basa en la observación de discontinuidades visibles a simple vista.

La prueba de líquidos penetrantes se define como un ensayo no destructivo que ayuda a determinar daños superficiales en las piezas de inspección. Los materiales que se someten a la inspección con líquidos penetrantes son en su gran mayoría: metales, pero también pueden inspeccionarse algunos cerámicos y plásticos.

La prueba de partículas magnéticas permite detectar discontinuidades superficiales y subsuperficiales en materiales ferromagnéticos que pueden dar lugar a futuras fallas de los mismos.

La prueba de ultrasonido industrial es una de las pruebas no destructivas de tipo volumétrico. Esta prueba está fundamentada en el fenómeno de reflexión de ondas

acústicas, que ocurre cuando estas se encuentran con discontinuidades al propagarse.

En este artículo se indican algunos de los métodos de ensayos no destructivos que se deben aplicar a los distintos componentes que conforman a un rotor de generador eléctrico. El examinador en base a su experiencia podrá complementar alguno(s) métodos de ensayos no destructivos como lo juzgue conveniente, dado el resultado de las indicaciones encontradas.

## II. PRUEBAS REALIZADAS Y SU INTERPRETACIÓN

### A. Cople

Se realiza una inspección visual con el propósito de detectar fisuras y/o daños causados por herramientas usadas para el ensamble o desensamble. Posteriormente se debe de aplicar la técnica de líquidos penetrantes en toda su superficie, con el propósito de detectar fisuras y desgarres en los barrenos donde van los pernos.



Fig. 1. La imagen muestra la inspección con el método de líquidos penetrantes colorantes.

### B. Pernos de acoplamiento

Se debe realizar una inspección visual directa a las cuerdas, cuerpo y cabeza de los pernos, con el propósito de detectar deformaciones, arrastres de cuerdas, desgarres y fisuras. Posteriormente se aplicará la técnica de líquidos penetrantes

y/o partículas magnéticas y ultrasonido industrial; se examinarán los mismos puntos mencionados anteriormente.



Fig. 2. La imagen ilustra la inspección de los pernos mediante los métodos de ensayos no destructivos.

### C. Chumaceras.

Realizar una inspección visual directa en el material Babbitt, con el propósito de detectar poros, terminación del maquinado, tipo del metal babbitt y el acabado de la cuña de aceite.

En la aplicación de la técnica de líquidos penetrantes, se tendrá que poner atención en la localización de las indicaciones presentadas y sus dimensiones. Aquí es importante observar que no existan poros, fisuras y áreas con micro fisuras, así como la terminación del maquinado.

Se deberá de realizar una inspección ultrasónica con haz recto en toda la superficie del material babbitt, con el propósito de verificar su adherencia. La técnica de ultrasonido con relación a la de líquidos penetrantes, aunque son complementarias, es más relevante lo observado con la de ultrasonido para determinar la aceptación o rechazo de este componente. Se analizarán los defectos en el vaciado del metal babbitt, como pueden ser poros sub-superficiales, fisuras o falta de adherencia y para lo cual es recomendable utilizar los criterios recomendados por el fabricante y/o en su defecto la norma ISO-4386-1 en caso de no existir los anteriores.



Fig. 3. Aplicación del método de ultrasonido industrial para la verificación de adherencia entre materiales.

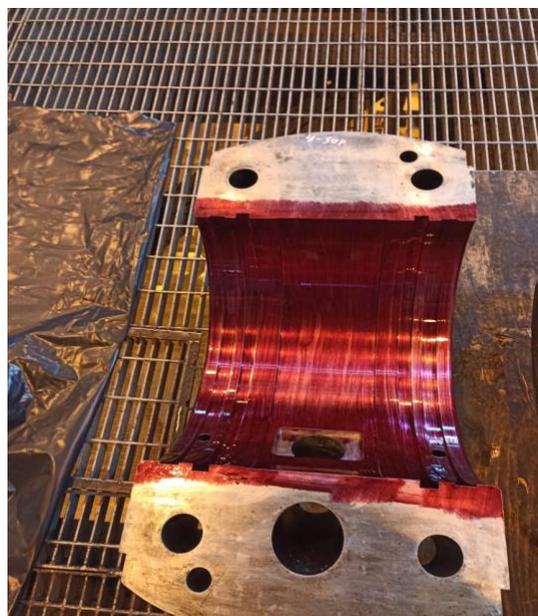


Fig. 4. Aplicación del método de líquidos penetrantes colorantes.

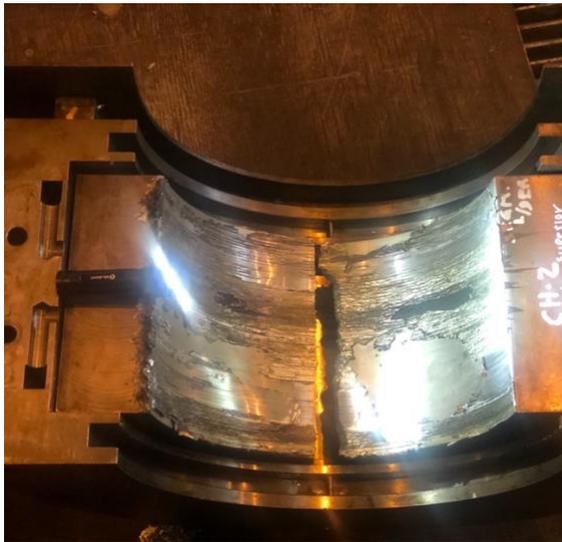


Fig. 5. Con el método visual de forma superficial se observaron indicaciones de arrastre de material.

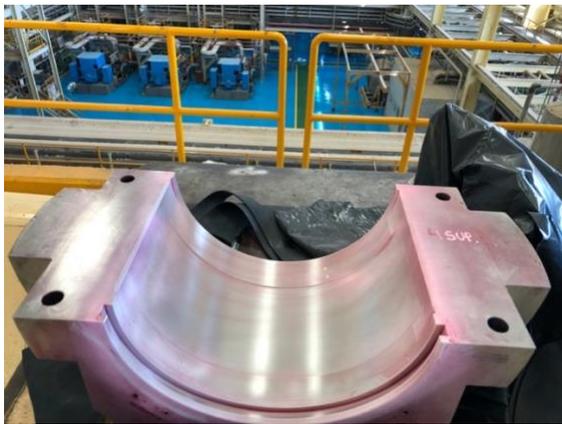


Fig. 6. Proceso de revelado con el método de líquidos penetrantes colorantes.



Fig. 7. Visualmente se observan indicaciones de deformaciones en el perfil de álabes móviles.



Fig. 8. Visualmente se observan de corrosión superficial.

#### D. Alabes de enfriamiento.

A este componente se le examina primeramente de forma visual, tratando de localizar fisuras, impactos y deformaciones en el cuerpo del mismo, así como posibles fisuras en la raíz.

Mediante la aplicación de la técnica de líquidos penetrantes, se tratará de localizar las mismas indicaciones que en la inspección visual, con el propósito de su evaluación.

Sí mediante la aplicación de las dos técnicas anteriores saliera alguna indicación dudosa del tipo fisura o difícil de definir su naturaleza, entonces se sugiere aplicar la técnica de ultrasonido y/o corrientes de Eddy, la calibración previa a la examinación ultrasónica, se hará en distancia con haz recto.



Fig. 9. Aplicación del método de líquidos penetrantes colorantes.



Fig. 10. Con el método de líquidos penetrantes colorantes de forma superficial se observan indicaciones lineales.



Fig. 11. Con el método de líquidos penetrantes colorantes de forma superficial se observan indicaciones lineales.

#### E. Sellos de hidrógeno.

Este componente normalmente está fabricado de un material dúctil, se debe realizar una inspección visual y examinación con líquidos penetrantes, tratando de detectar deformaciones severas, poros y picaduras localizadas en la zona de sello, estas indicaciones son motivo de rechazo.



Fig. 12. Aplicación de los métodos superficiales en sellos de hidrógeno.

#### F. Cuñas de rotor.

Las cuñas del rotor están sometidas a grandes esfuerzos mecánicos por efecto de los campos eléctricos generados en las bobinas, por lo que se recomienda realizar una inspección visual minuciosa en busca de daños en el aislamiento, como pueden ser fisuras, raspaduras, y porosidades. Las cuñas se examinarán visualmente, tratando de localizar deformaciones y/o fisuras, así mismo, se les aplicará la técnica de ultrasonido con haz recto o haz angular, lo que el examinador juzgue más conveniente, con el propósito de detectar fisuras en la parte posterior de la cuña.

También es recomendable realizar una inspección visual remota (con boroscopio), con el propósito de verificar el estado en que se encuentran las cuñas interpolares, cuñas de sujeción y amarres, ya que estas cuñas suelen fracturarse y regularmente se presenta en la parte interna de los anillos de retención.



Fig. 13. Inspección visual remota en zona de cuñas.



Fig. 14. La imagen ilustra el desplazamiento axial .



Fig. 15. Aplicación del método de ultrasonido industrial.

### G. Anillos de retención (lado cople y lado excitador).

A estos componentes, aparte de una inspección visual directa y remota, será imprescindible realizar una examinación ultrasónica mediante haz recto y haz angular, con el propósito de poder determinar si existen fisuras o fracturas que pongan en riesgo su integridad mecánica.



Fig. 16. Con el método de inspección visual remota, se observaron indicaciones de factura de material de los separadores de aislante (baquelita).



Fig. 17. Se observaron indicaciones de escombros y suciedad en la parte interna del anillo de retención.



Fig. 18. Se observan indicaciones de pérdida de material aislante de forma significativa.



Fig. 21. Suciedad, escoria y falta de aislante entre devanados.

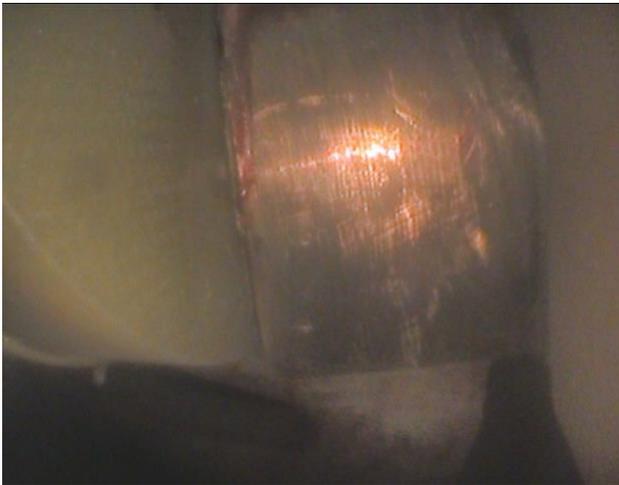


Fig. 19. La conexión polar presentan condiciones superficiales aceptables.

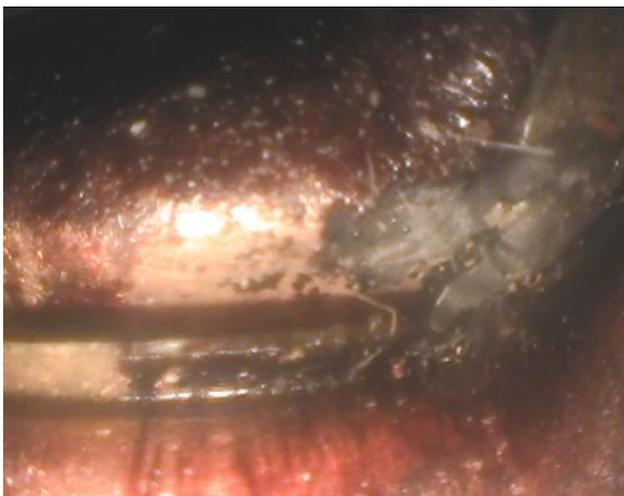


Fig. 20. Con el método de inspección boroscópica se observan indicaciones de escurrimiento de resina excesiva, indicios de contaminación y decoloración oscura en la zona de devanados.



Fig. 22. La imagen ilustra el proceso de revelado mediante el método de líquidos penetrantes.



Fig. 23. Inspección del anillo de retención mediante el método de ultrasonido industrial.

#### H. Muñones.

Es conveniente aplicar las técnicas de inspección visual y líquidos penetrantes, con el propósito de identificar si existen picaduras, fisuras, golpes, así como la condición superficial y si existen decoloraciones que evidencien zonas sometidas a altas temperaturas.



Fig. 24. Inspección con el método de líquidos penetrantes colorantes.

#### I. Anillos colectores.

Este componente es el que transmite la corriente de excitación al rotor mediante una serie de carbones, deberá de ser examinado aplicando las técnicas de inspección visual vía directa y líquidos penetrantes, con el propósito de detectar fisuras, poros, despostillamientos o alguna indicación que obstaculice el deslizamiento uniforme de los carbones, así como su integridad mecánica.



Fig. 25. Inspección con el método de líquidos penetrantes colorantes

### CONCLUSIONES

Las diferentes pruebas que se desarrollan utilizando los métodos de ensayos no destructivos nos permiten conocer el estado actual de los componentes que conforman a los rotores de generadores eléctricos y con esto garantizar su confiabilidad y disposición .

### AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Francisco Omar Pérez Váldez por permitirme participar en el desarrollo de este artículo.

A todo el personal de la oficina de ensayos no destructivos, con su esfuerzo y profesionalismo ponen en alto el nombre de la institución.